


METHOD FOR MANUFACTURING SOI WAFER, AND SOI WAFER

Patent Number: ☒ EP1158581
 Publication date: 2004-11-28
 Inventor(s): AGA HIROJI (JP); KUWABARA SUSUMU (JP); MITANI KIYOSHI (JP); TATE NAOTO (JP)
 Applicant(s): SHINETSU HANDOTAI KK (JP)
 Requested Patent: ☐ WO0128000
 Application Number: EP20000966464 20001013
 Priority Number(s): WO2000JP07111 20001013; JP19990292134 19991014
 IPC Classification: H01L27/12
 EC Classification: H01L21/762D8B
 Equivalents:
 Cited patent(s):

Abstract

A method for producing an SOI wafer by the hydrogen ion delamination method comprising at least a step of bonding a base wafer and a bond wafer having a micro bubble layer formed by gas ion implantation and a step of delaminating a wafer having an SOI layer at the micro bubble layer as a border, wherein, after the delamination step, the wafer having an SOI layer is subjected to a two-stage heat treatment in an atmosphere containing hydrogen or argon utilizing a rapid heating/rapid cooling apparatus (RTA) and a batch processing type furnace. Preferably, the heat treatment by the RTA apparatus is performed first. Surface roughness of an SOI layer surface delaminated by the hydrogen ion delamination method is improved over the range from short period to long period, and SOI wafers free from generation of pits due to

COPs in SOI layers are efficiently produced with high throughput. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2001年4月19日 (19.04.2001)

PCT

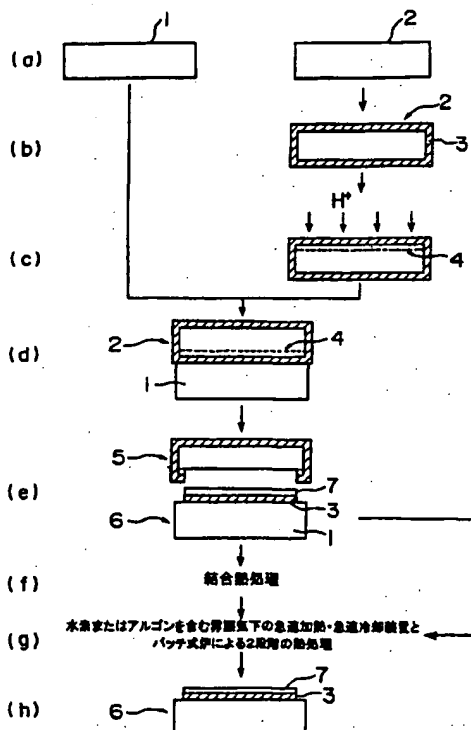
(10) 国際公開番号
WO 01/28000 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 27/12 [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/07111
- (22) 国際出願日: 2000年10月13日 (13.10.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願平 11/292134
1999年10月14日 (14.10.1999) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.)
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 阿賀浩司 (AGA, Hiroji) [JP/JP]. 榎 直人 (TATE, Naoto) [JP/JP]. 桑原 登 (KUWABARA, Susumu) [JP/JP]. 三谷 清 (MITANI, Kiyoshi) [JP/JP]; 〒379-0196 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 好宮幹夫 (YOSHIMIYA, Mikio); 〒111-0041 東京都台東区元浅草2丁目6番4号 上野三生ビル4F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): JP, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SOI WAFER, AND SOI WAFER

(54) 発明の名称: SOIウエーハの製造方法及びSOIウエーハ



(57) Abstract: A method of manufacturing an SOI wafer by hydrogen ion separation, comprising the steps of bonding a base wafer to a bond wafer having a minute bubble layer formed by implanting gas ions and separating the wafer having the SOI layer by using the minute bubble layer as the boundary, the method characterized by further comprising the steps of heating the SOI wafer having the SOI layer by a rapid heating/cooling apparatus (RTA) and heating the SOI wafer by a batch furnace in the atmosphere containing hydrogen or argon, after the separation step. Preferably, the heating by the rapid thermal apparatus is performed firstly. The surface roughness of the SOI layer separated by the hydrogen ion separation from a short period to a long period is improved, and the SOI wafer free from pits caused by COPs in the SOI layer is efficiently manufactured with high throughput.

(f)...BOND HEATING PROCESS

(g)...TWO STEPS OF HEATING BY THE RAPID HEATING/COOLING APPARATUS AND THE BATCH FURNACE IN THE ATMOSPHERE CONTAINING HYDROGEN AND ARGON

[続葉有]

WO 01/28000 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開 類:

— 国際調査報告

(57) 要約:

少なくとも、ベースウエーハと、ガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウエーハとを接合する工程と、前記微小気泡層を境界として、SOI層を有するウエーハを剥離する工程とを含む水素イオン剥離法によってSOIウエーハを製造する方法において、前記剥離工程後、水素またはアルゴンを含む雰囲気の下で、前記SOI層を有するウエーハに急速加熱・急速冷却(RTA)装置とバッチ式炉による2段階の熱処理を施すことを特徴とするSOIウエーハの製造方法。好ましくはRTA装置による熱処理を先に行う。水素イオン剥離法により剥離されたSOI層表面の短周期から長周期に及ぶ表面粗さが改善されるとともに、SOI層中のCOPに起因するピットの発生が無いSOIウエーハが高いスループットで効率的に製造される。

明 細 書

S O I ウェーハの製造方法及び S O I ウェーハ

5 技術分野

本発明は、S O I (S i l i c o n O n I n s u l a t o r) ウェーハの製造方法に関し、具体的にはイオン注入したウェーハを、基板となる他のウェーハと接合した後に剥離してS O I ウェーハを製造する、いわゆる水素イオン剥離法（スマートカット法（登録商標）とも呼ばれている）において、剥離後の熱処理によって表面粗さを改善させるS O I ウェーハの製造方法、及びそれにより製造されるS O I ウェーハに関する。また、剥離後に熱処理が行なわれるS O I ウェーハを製造する際の接合不良を低減し、歩留り良くS O I ウェーハを提供することができるS O I ウェーハの製造方法
10 に関する。

背景技術

近年、S O I ウェーハの製造方法として、水素イオン等を注入したウェーハを接合後に剥離してS O I ウェーハを製造する方法（水素イオン剥離
20 法：スマートカット法（登録商標）と呼ばれる技術）が新たに注目され始めている。この方法は、二枚のシリコンウェーハのうち、少なくとも一方に酸化膜を形成すると共に、一方のシリコンウェーハの上面から水素イオンまたは希ガスイオンのうち少なくとも一方を注入し、該ウェーハ内部に微小気泡層（封入層）を形成させた後、該イオンを注入した方の面を酸化
25 膜を介して他方のシリコンウェーハと接合させ、その後熱処理（剥離熱処理）を加えることで微小気泡層を劈開面として一方のウェーハを薄膜状に剥離し、さらに熱処理（結合熱処理）を加えてシリコンウェーハ上にS O I 層が強固に結合されたS O I ウェーハとする技術である（特開平5-2

1 1 1 2 8 号参照)。

水素イオン剥離法により S O I ウェーハを製造する場合、微小気泡層を劈開面として剥離したままの状態の S O I 層表面は、通常のデバイス作製に用いられる鏡面研磨ウェーハに比べて表面粗さが粗いので、このままではデバイス作製に用いることはできない。そこで、上記表面粗さを改善するため、タッチポリッシュと呼ばれる研磨代の少ない研磨が通常行われる。

しかしながら、S O I 層は非常に薄く、その表面を研磨すると、面内の研磨量の違いから S O I 層の厚さのバラツキが大きくなる問題があった。

そこで、剥離直後の S O I 層表面を、研磨せずに熱処理することでその表面粗さを改善することが提案されている。

特開平 1 0 - 2 4 2 1 5 4 号公報によれば、支持基板と単結晶シリコン薄膜の結合を強固にする第 2 次熱処理（結合熱処理）後、水素雰囲気中で 1 0 0 0 ~ 1 3 0 0 °C の温度で 1 0 分 ~ 5 時間の第 3 次熱処理を行い、シリコン薄膜の平均表面粗さを改善する方法が開示されている。

また、特開平 1 0 - 2 7 5 9 0 5 号公報によれば、水素イオン剥離法により得られた、剥がされた表面を有する S O I 構造のウェーハを、水素雰囲気中でアニール（水素アニール）し、前記剥がされた表面を平坦にする S O I ウェーハの製造方法が開示されている。

このように、これらの公報に記載されている技術は、いずれも水素雰囲気中で熱処理を行い、剥離されたウェーハの表面粗さを改善させるものである。

前記特開平 1 0 - 2 4 2 1 5 4 号公報では、平均表面粗さを改善する第 3 次熱処理（水素アニール）の温度と時間を規定しているが、例えば S O I 層（単結晶シリコン薄膜）がチョクラルスキー法（C Z 法）により製造されたウェーハから構成されたものであり、か

つその厚さが $0.5 \mu\text{m}$ 以下程度に薄い場合、水素アニールを行う際に、水素ガスがボイド状の Grown-in 欠陥である COP (Crystal Originated Particle) を通して埋め込み酸化膜をエッチングしてしまうという問題が生ずる。

- 5 また、アルゴン雰囲気で熱処理する場合も、水素と同様に表面粗さを改善することが知られているが、COP を通してエッチングするという問題点は回避できない。すなわち、CZ ウェーハには結晶成長時に導入された COP と称される結晶欠陥が存在することが判明しており、このような CZ ウェーハをデバイス活性層となるボンド
- 10 ウェーハに用いると、SOI 層にも COP が存在し、近年要求される極薄の SOI 層では COP が SOI 層を貫通してピンホールを形成し、電気特性を著しく悪化させることがわかってきた。

- 一方、特開平 10-275905 号公報は、熱処理（アニール）の具体的な方法として、水素雰囲気中で、バッチ式炉で数 10 秒から
- 15 数 10 分の水素アニールを行う方法のほか、ウェーハを 1 枚毎に処理する枚葉式の短時間アニール（ラピッドサーマルアニール、RTA）、あるいはプラズマアニールのいずれかで行うことができることを開示している。

- 上記各熱処理（アニール）のうち、急速加熱・急速冷却装置を用いたラピッドサーマルアニール（RTA）は、きわめて短時間の熱
- 20 処理で済むので、上記のような埋め込み酸化膜をエッチングしてしまうようなこともないし、さらには SOI 層中の COP を合わせて除去することも可能であり、表面粗さを効率的に改善できると思われていた。

- 25 しかしながら、本発明者らが、上記 RTA による SOI ウェーハの表面粗さの改善について詳細に検討したところ、表面粗さが通常のデバイス作製の鏡面研磨ウェーハ並みに改善されるのは、表面粗さの短周期成分のみであり、長周期成分については依然として鏡

面研磨ウエーハに比べて非常に劣るものであることが分かった。

さらに熱処理時間と表面粗さの関係について検討したところ、R T A 装置で表面粗さの長周期成分を改善するには、高温長時間の熱処理（例えば 1 2 2 5 °C で 3 時間以上）が必要であることが分かった。

しかしながら、R T A 装置で行う熱処理は枚葉式であるため、長時間処理を行うとスループットが低く効率が悪い上、製造コストも上昇し、実用的でない。

一方、長時間の処理が可能なバッチ式炉では、一度に大量のウエーハを熱処理できるものの、昇温速度が遅いために前述のように水素アニール処理時に S O I 層中の C O P を介して埋め込み酸化膜がエッチングされ、ピットが生じるという問題がある。

発明の開示

本発明は以上のような問題を解決するためになされたものであり、水素イオン剥離法により剥離された S O I 層表面の短周期から長周期に及ぶ表面粗さを研磨することなく改善し、膜厚均一性を確保するとともに、S O I 層中の C O P に起因するピットの発生が無い S O I ウエーハを、高いスループットで効率的に製造することを目的とする。

前記目的を達成するため、本発明によれば、少なくとも、ベースウエーハとガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウエーハとを接合する工程と、前記微小気泡層を境界として S O I 層を有するウエーハを剥離する工程とを含む水素イオン剥離法によって S O I ウエーハを製造する方法において、前記剥離工程後、水素またはアルゴンを含む雰囲気下で、前記 S O I 層を有するウエーハに急速加熱・急速冷却装置とバッチ式炉による 2 段階の熱処理を施すことを特徴とする S O I ウエーハの製造方法が提供され

る。

このように S O I 層を有するウエーハを剥離した後、該ウエーハに急速加熱・急速冷却装置とバッチ式炉に分けて 2 段階の熱処理を施すと、急速加熱・急速冷却装置による熱処理では表面の結晶性が回復されると共に、短周期の表面粗さの改善が行われ、一方、バッチ式炉による熱処理で長周期の表面粗さを改善することができる。また、バッチ式炉では、複数枚のウエーハを一度に熱処理できるので、急速加熱・急速冷却装置で枚葉式に長時間熱処理するのに比べ、高いスループットで製造することができる。

さらに、この方法ではタッチポリッシュのような研磨は行わなくて済むため、S O I 層の膜厚の均一性も保たれる。

また、この場合、前記 2 段階の熱処理を、急速加熱・急速冷却装置による熱処理の後に、バッチ式炉による熱処理を施して行うことが好ましい。

前記したように、本発明では急速加熱・急速冷却装置とバッチ式炉による 2 段階の熱処理を施すことで表面粗さの短周期成分と長周期成分が共に改善されるが、初段で急速加熱・急速冷却装置による短時間の熱処理を行うことにより、その表面の結晶性が回復され、S O I 層中の C O P が大幅に削減される。従って、次段でバッチ式炉による熱処理を行うようにすれば、S O I 層中の C O P がほとんど消滅しているため、比較的長時間の熱処理を行っても、貫通した C O P を介して起こる水素ガスまたはアルゴンガスによる埋め込み酸化膜のエッチングが抑制され、ピットが生じることも無い。

また、本発明によれば、少なくとも、ベースウエーハとガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウエーハとを接合する工程と、前記微小気泡層を境界として S O I 層を有するウエーハを剥離する工程とを含む水素イオン剥離法によって S O I ウエーハを製造する方法において、前記ボンドウエーハとして、F Z

ウエーハまたはエピタキシャルウエーハ、あるいは少なくとも表面のCOPを低減したCZウエーハの何れかを使用し、前記剥離工程後、水素またはアルゴンを含む雰囲気下で、前記SOI層を有するウエーハにバッチ式炉で熱処理を施すことを特徴とするSOIウエーハの製造方法も提供される。

このように、FZウエーハまたはエピタキシャルウエーハ、あるいは少なくとも表面のCOPを低減したCZウエーハの何れかをボンドウエーハとして使用してSOIウエーハを作製すれば、そのSOI層中のCOPを低減、もしくは、ほぼ皆無とすることができるため、前述のCOPに起因した埋め込み酸化膜のエッチングの問題は発生せず、バッチ式炉での高温長時間の熱処理も可能となる。

また、本発明の他の目的は、前記SOI層中のCOPを低減したSOIウエーハを製造するに際して、接合面に発生するボイドやブリスター等の接合不良を低減して歩留まりよくSOIウエーハを提供することである。

そのため、本発明は、ボンドウエーハに用いるウエーハとして、結晶全体のCOPを低減した単結晶インゴットから作製されたCZウエーハを使用することを特徴とする。

このように、結晶全体のCOPを低減した単結晶インゴットから作製されたCZウエーハであれば、通常の鏡面研磨加工された面を接合面として用いることができるので、エピタキシャルウエーハを用いる場合に比べて接合不良を低減することができる。また、CZウエーハであるため、FZウエーハでは作製が困難とされる、直径200mm、300mm、あるいはそれ以上の大直径ウエーハにも対応可能である。さらに、結晶全体（ウエーハ全体）においてCOPが低減されているため、剥離後のウエーハをボンドウエーハとして再利用する際に、剥離面の研磨代を制限する必要がない。

そして、このようにして製造されたSOI層中のCOPを低減し

た S O I ウェーハに対して、水素またはアルゴンを含む雰囲気下でバッチ式炉で熱処理を施すことにより、埋め込み酸化膜のピットを生じさせることなく、S O I 層の表面粗さを低減することができる。

- 5 さらに本発明によれば、前記方法により製造された S O I ウェーハが提供され、該ウェーハは、その表面粗さに関する $1\ \mu\text{m}$ 角及び $10\ \mu\text{m}$ 角の R M S（自乗平均平方根粗さ）値が共に $0.5\ \text{nm}$ 以下であることを特徴としている。

- 10 このように、本発明により製造される S O I ウェーハは、研磨をしていないにもかかわらず、S O I 層の表面粗さの短周期成分（例えば $1\ \mu\text{m}$ 角程度）と長周期成分（例えば $10\ \mu\text{m}$ 角程度）が共に改善され、それらの R M S 値が共に $0.5\ \text{nm}$ 以下と非常に小さく、鏡面研磨ウェーハと同程度の表面粗さとなっている。しかも、表面を研磨した場合のように膜厚が不均一となるようなものではない。
- 15 したがって、このような S O I ウェーハは、近年の高集積化デバイス作製に好適に用いることができる。

- 以上説明したように、本発明に係る S O I ウェーハの製造方法では、剥離工程後、水素またはアルゴンを含む雰囲気の下で、S O I 層を有するウェーハに急速加熱・急速冷却装置とバッチ式炉による
- 20 2段階の熱処理を施すことによって、ウェーハの剥離面の表面粗さの短周期成分と長周期成分を共に大きく改善することができる。また、結晶性も回復し、用いるボンドウェーハ中の C O P に起因するピットが生じることもない。

- さらに、R T A 装置による熱処理で非常に短い時間で表面粗さの
- 25 短周期成分を改善し、一方、バッチ式炉により大量のウェーハを一度に処理してその長周期成分を改善しているため、全体として効率良く熱処理を行うことができ、優れた表面性状の S O I ウェーハを低コストで製造することができる。

図面の簡単な説明

図 1 (a) ~ (h) は、本発明の水素イオン剥離法による S O I ウェーハの製造工程の一例を示すフロー図である。

- 5 図 2 は、R T A 処理温度及び処理時間と、1 ミクロン角での P - V 値の関係を示したグラフである。

図 3 は、R T A 処理温度及び処理時間と、1.0 ミクロン角での P - V 値の関係を示したグラフである。

- 10 図 4 は、R T A 処理温度及び処理時間と、1 ミクロン角での R M S 値の関係を示したグラフである。

図 5 は、R T A 処理温度及び処理時間と、10 ミクロン角での R M S 値の関係を示したグラフである。

図 6 は、急速加熱・急速冷却装置の一例を示した、概略図である。

- 15 図 7 は、急速加熱・急速冷却装置の他の一例を示した、概略図である。

発明を実施するための最良の形態

- 20 以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

ここで、図 1 は本発明の水素イオン剥離法で S O I ウェーハを製造する方法の製造工程の一例を示すフロー図である。

以下、本発明を 2 枚のシリコンウェーハを結合する場合を中心に説明する。

- 25 まず、図 1 の水素イオン剥離法において、工程 (a) では、2 枚のシリコン鏡面ウェーハを準備するものであり、デバイスの仕様に合った基台となるベースウェーハ 1 と S O I 層となるボンドウェーハ 2 を準備する。

次に工程（b）では、そのうちの少なくとも一方のウエーハ、ここではボンドウエーハ2を熱酸化し、その表面に約 $0.1\mu\text{m} \sim 2.0\mu\text{m}$ 厚の酸化膜3を形成する。

5 工程（c）では、表面に酸化膜を形成したボンドウエーハ2の片面に対して水素イオンまたは希ガスイオンのうち少なくとも一方、ここでは水素イオンを注入し、イオンの平均進入深さにおいて表面に平行な微小気泡層（封入層）4を形成させるもので、この注入温度は $25 \sim 450^\circ\text{C}$ が好ましい。

10 工程（d）は、水素イオン注入したボンドウエーハ2の水素イオン注入面に、ベースウエーハ1を酸化膜を介して重ね合せて接合させる工程であり、常温の清浄な雰囲気下で2枚のウエーハの表面同士を接触させることにより、接着剤等を用いることなくウエーハ同士が接着する。

15 次に、工程（e）は、封入層4を境界として剥離することによって、剥離ウエーハ5とSOI層を有するウエーハ6（SOI層7 + 埋込み酸化膜3 + ベースウエーハ1）に分離する剥離熱処理工程で、例えば不活性ガス雰囲気下約 500°C 以上の温度で熱処理を加えれば、結晶の再配列と気泡の凝集とによって剥離ウエーハ5とSOI層を有するウエーハ6（以下、これに熱処理を施した場合も含め、単にSOIウエーハという場合がある）に分離される。

20 ここまでの工程は、本発明の方法も、従来の水素イオン剥離法と同じである。そして、本発明では、この剥離熱処理工程（e）後、水素またはアルゴンを含む雰囲気の下で、SOI層7を有するウエーハ6に急速加熱・急速冷却装置とバッチ式炉による2段階の熱処理を施す（工程（g））ことを特徴としている。なおこの場合、水素またはアルゴンを含む雰囲気として、水素100%またはアルゴン100%、あるいは水素とアルゴンの混合ガスとすることもできる。

なお、剥離熱処理工程（e）の後、前記２段階の熱処理工程（g）を行う前に、従来通り工程（f）で、結合熱処理を行っても良い。この工程（f）は、前記工程（d）、（e）の接合工程および剥離熱処理工程で密着させたウエーハ同士の結合力では、そのままデバイス作製工程で使用するには弱いので、結合熱処理としてS O I層を有するウエーハ６に高温の熱処理を施して結合強度を十分なものとする。この熱処理は例えば不活性ガス雰囲気下、1050℃～1200℃で30分から2時間の範囲で行うことが好ましい。

本発明では、剥離熱処理工程（e）の後、前記のように必要に応じて結合熱処理を行い、次に水素またはアルゴンを含む雰囲気の下で、S O I層を有するウエーハ６に急速加熱・急速冷却装置とバッチ式炉による２段階の熱処理を行うが、この場合、結合熱処理（工程（f））を別途行うのでは非効率であるので、本発明の急速加熱・急速冷却装置とバッチ式炉による２段階の熱処理を、結合熱処理を兼ねるものとすることができる。

なお、急速加熱・急速冷却装置による熱処理とバッチ式炉による熱処理の施す順番は、特にボンドウエーハとしてC O Pを多く有する通常のC Zウエーハを使用する場合には、急速加熱・急速冷却装置による熱処理を先に行うことが好ましい。

これは、前述のようにC Zウエーハ中には結晶製造時に導入されたC O Pが存在する。したがって、近年要求されているようなS O I層が薄い場合には、このC O PがS O I層を貫通して存在し、ピンホールを形成する場合がある。このような場合、水素またはアルゴンを含む雰囲気下の熱処理をバッチ式炉内で長時間にわたって行うと、熱処理中にこのピンホールを通過して、水素ガスまたはアルゴンガスが侵入し、埋め込み酸化膜３をエッチングし、ピットが生じてしまうおそれがあるからである。

したがって、ボンドウエーハとして通常のC Zウエーハを使用す

る場合には、最初に急速加熱・急速冷却装置による熱処理を行って表面粗さの短周期成分を改善すると同時に表面の結晶性を回復し、S O I 層中のC O Pを大幅に低減し、次いでバッチ式炉による比較的長時間の熱処理を行ってその長周期成分を改善すれば、表面粗さの短周期成分と長周期成分が共に改善されると共に、ピットが生じるおそれも無くなる。

一方、用いるボンドウエーハを、エピタキシャルウエーハまたはF Z ウエーハ、あるいは少なくとも表面のC O Pを低減したC Z ウエーハとした場合には、上記のような埋め込み酸化膜をエッチングしてしまうような問題は生じないので、原則としていずれの熱処理を先行させてもよいし、急速加熱・急速冷却装置による熱処理を省略してバッチ式炉のみで高温長時間の熱処理も可能となる。

すなわち、ボンドウエーハの材料を適切に選択すれば、1 0 0 0 ~ 1 3 0 0 °C程度の温度で1 0 分~ 5 時間程度の熱処理をバッチ式炉で施すことにより、2 段階の熱処理の場合と同様に、埋め込み酸化膜のエッチングの問題を回避しつつ、表面粗さの短周期成分と長周期成分とがともに優れたS O I ウエーハを得ることができる。

ここで、少なくとも表面のC O Pを低減したC Z ウエーハとは、通常のC Z 単結晶の引上げ速度（約1 m m / m i n）を例えば0 . 6 m m / m i n以下で引上げることにより、結晶全体のC O Pを低減した単結晶インゴットから作製されたC Z ウエーハや、引上げ時のV / G（V：引上げ速度、G：結晶固液界面軸方向温度勾配）を制御して結晶全体のC O P等のグローイン（G r o w n - i n）欠陥を低減した単結晶インゴットから作製されたC Z ウエーハ、あるいは通常の引上げ条件で作製されたC Z ウエーハに水素やアルゴン等の雰囲気下で熱処理を加え、ウエーハ表面の少なくともS O I 層となる領域に含まれるC O Pを低減したC Z ウエーハなどを挙げる
ことができる。

以上の工程 (a) ~ (g) を経て、表面粗さの長周期成分及び短周期成分が共に改善されている上、結晶品質が高く、膜厚均一性の高い S O I 層 7 を有し、かつピットの形成も無い高品質の S O I ウエーハ 6 を製造することができる (工程 (h))。

- 5 また、少なくとも表面の C O P を低減した C Z ウエーハとして、結晶全体の C O P を低減した単結晶インゴットから作製された C Z ウエーハを選択することにより、次のような顕著な効果が得られる。

すなわち、通常の結晶引き上げ条件で作製した C Z ウエーハを用いて製造された S O I ウエーハに比べて S O I 層中の C O P が低減
10 された S O I ウエーハを製造するためのボンドウエーハとしては、結晶全体の C O P を低減した単結晶インゴットから作製された C Z ウエーハを用いる以外に、エピタキシャルウエーハ、F Z ウエーハ、水素 (アルゴン) アニールされた C Z ウエーハを用いることが考えられる。

- 15 しかし、エピタキシャルウエーハの場合、通常の鏡面研磨されたウエーハの表面上にエピタキシャル層が堆積されており、その表面粗さ (ヘイズレベル) は通常の鏡面研磨面に比べて劣化する。さらに、その表面にマウンドと呼ばれる突起物等が発生する場合もあるため、その面を接合すると、これらの影響によりボイドやブリスター
20 と呼ばれる接合不良が発生しやすい。従って、エピタキシャル層をわずかに研磨してから接合に供するといった手段が取られることもある。

これに対して、結晶全体の C O P を低減した単結晶インゴットから作製された C Z ウエーハの場合、単結晶インゴットから切り出され、鏡面ウエーハに加工された鏡面研磨面をそのまま使用できるのでエピタキシャルウエーハに比べて接合不良を低減することができる。
25

また、剥離後のボンドウエーハを再びボンドウエーハとして再利

用する際には、剥離面を研磨してから使用する必要があるが、エピタキシャルウエーハの場合には研磨代を大きくするとエピタキシャル層が除去されてしまうという問題があるため、予めエピタキシャル層の厚さを十分に厚く堆積しておくか、研磨代を少なくするといった対策が必要となる。この問題は、水素（アルゴン）アニールされたCZウエーハの様に、ウエーハ表面近傍のみのCOPが低減されているウエーハでも同様のことが言える。

これに対して、結晶全体のCOPを低減した単結晶インゴットから作製されたCZウエーハの場合、ウエーハ全体のCOPが低減されているため、再利用する際の研磨代を制限する必要は全くなく、複数回の再利用が可能となる。

また、結晶全体のCOPを低減した単結晶インゴットから作製されたCZウエーハは、大直径化が可能である点で有利である。FZウエーハを用いる場合には、現在、商用レベルで生産されている最大直径は150mmであり、200mm、300mmあるいはこれ以上の直径のウエーハを得ることは非常に困難であるのに対し、CZウエーハの場合は既に直径300mmのウエーハも量産されており、これ以上の大直径の研究も進んでいるため、大直径化への適用も十分に可能である。

以上のように、結晶全体のCOPを低減した単結晶インゴットから作製されたCZウエーハをボンドウエーハに用いて水素イオン剥離法によるSOIウエーハを製造することは、接合不良低減、ボンドウエーハへの再利用、大直径への適用という3つの効果を兼ね備えた唯一の方法であると言える。

本発明で行われる2段階の熱処理について、以下さらに詳しく説明する。

まず、水素またはアルゴンを含む雰囲気下で急速加熱・急速冷却装置を用いて行う熱処理は、1000℃～シリコンの融点以下の温

度範囲で、1～300秒間行うようにすることができる。

このように、剥離後のSOI層を有するウエーハに急速加熱・急速冷却装置を用いて水素またはアルゴンを含む雰囲気下の熱処理を施せば、極めて短時間で効率よくSOI層表面の結晶性を回復し、
5 表面粗さ、特にその短周期成分（約1 μ m角前後）を改善し、SOI層中のCOPも大幅に低減することができる。なお、熱処理温度としては、1200～1350℃の温度範囲とするのがより効果的である。

このような、本発明で用いられる、SOIウエーハを水素または
10 アルゴンを含む雰囲気下で急速加熱・急速冷却できる装置としては、熱放射によるランプ加熱器のような装置を挙げることができる。また、市販されているものとして、例えばAST社製、SHS-2800のような装置を挙げることができ、これらは特別複雑で高価なものではない。

15 ここで、本発明で用いたSOI層を有するウエーハを水素またはアルゴンを含む雰囲気下で急速加熱・急速冷却できる装置の一例を示す。図6は、急速加熱・急速冷却できる装置の概略図である。

図6の熱処理装置20は、例えば炭化珪素あるいは石英からなるベルジャ21を有し、このベルジャ21内でウエーハを熱処理する
20 ようになっている。加熱は、ベルジャ21を囲繞するように配置される加熱ヒータ22、22'によって行う。この加熱ヒータは上下方向で分割されており、それぞれ独立に供給される電力を制御できるようになっている。もちろん加熱方式は、これに限定されるものではなく、いわゆる輻射加熱、高周波加熱方式としてもよい。加熱
25 ヒータ22、22'の外側には、熱を遮蔽するためのハウジング23が配置されている。

炉の下方には、水冷チャンバ24とベースプレート25が配置され、ベルジャ21内と、大気とを封鎖している。そしてSOIウエ

ーハ 28 はステージ 27 上に保持されるようになっており、ステージ 27 はモータ 29 によって上下動自在な支持軸 26 の上端に取り付けられている。水冷チャンバ 24 には横方向からウェーハを炉内に出し入れできるように、ゲートバルブによって開閉可能に構成される不図示のウェーハ挿入口が設けられている。また、ベースプレート 25 には、ガス流入口と排気口が設けられており、炉内ガス雰囲気調整できるようになっている。

以上のような熱処理装置 20 によって、SOI ウェーハを水素またはアルゴンを含む雰囲気下で急速加熱・急速冷却する熱処理は次のように行われる。

まず、加熱ヒータ 22, 22' によってベルジャ 21 内を、例えば 1000℃～シリコンの融点以下の所望温度に加熱し、その温度に保持する。分割された加熱ヒータそれぞれを独立して供給電力を制御すれば、ベルジャ 21 内を高さ方向に沿って温度分布をつけることができる。したがって、ウェーハの処理温度は、ステージ 27 の位置、すなわち支持軸 26 の炉内への挿入量によって決定することができる。熱処理雰囲気は、ベースプレート 25 のガス流入口より水素またはアルゴンを含む雰囲気ガスを導入することによって調整する。

ベルジャ 21 内が所望温度で維持されたなら、熱処理装置 20 に隣接して配置される、不図示のウェーハハンドリング装置によって SOI ウェーハを水冷チャンバ 24 の挿入口から入れ、最下端位置で待機させたステージ 27 上に例えば SiC ボート等を介してウェーハを乗せる。この時、水冷チャンバ 24 およびベースプレート 25 は水冷されているので、ウェーハはこの位置では高温化しない。

そして、SOI ウェーハのステージ 27 上への載置が完了したなら、すぐにモータ 29 によって支持軸 26 を炉内に挿入することによって、ステージ 27 を 1000℃～シリコンの融点以下の所望温

度位置まで上昇させ、ステージ上のS O I ウェーハに高温熱処理を加える。この場合、水冷チャンバ24内のステージ下端位置から、所望温度位置までの移動には、例えば20秒程度しかかからないので、S O I ウェーハは急速加熱されることになる。

- 5 そして、ステージ27を所望温度位置で、所定時間停止（例えば1～300秒）させることによって、S O I 層を有するウェーハに水素またはアルゴンを含む雰囲気下で、停止時間分の高温熱処理を加えることができる。所定時間が経過し高温熱処理が終了したなら、すぐにモータ29によって支持軸26を炉内から引き抜くことによ
- 10 って、ステージ27を下降させ水冷チャンバ24内の下端位置とする。この下降動作も、例えば20秒程度で行うことができる。ステージ27上のS O I 層を有するウェーハは、水冷チャンバ24およびベースプレート25が水冷されているので、急速に冷却される。最後に、ウェーハハンドリング装置によって、S O I ウェーハを
- 15 取り出すことによって、熱処理を完了する。

さらに熱処理するS O I ウェーハがある場合には、熱処理装置20の温度を降温させてないので、次々にウェーハを投入し連続的に熱処理をすることができる。

- 20 次いで、本発明で用いられるS O I ウェーハの急速加熱・急速冷却装置（RTA装置）の他の一例を示す。

図7の熱処理装置30は、石英からなるチャンバ31を有し、このチャンバ31内でウェーハ38を熱処理するようになっている。加熱は、チャンバ31を上下左右から囲繞するように配置される加熱ランプ32によって行う。このランプ32はそれぞれ独立に供給される電力を制御で

25 きるようになっている。

ガスの排気側は、オートシャッター33が装備され、外気を封鎖している。オートシャッター33には、ゲートバルブによって開閉可能に構成される不図示のウェーハ挿入口が設けられている。また、オートシャッター

33にはガス排気口が設けられており、炉内雰囲気調整できるようになっている。

そして、ウエーハ38は石英トレイ34に形成された3点支持部35の上に配置される。トレイ34のガス導入口側には、石英製の
5 パッファ36が設けられており、導入ガスがウエーハ38に直接当たるのを防ぐことができる。

また、チャンバー31には不図示の温度測定用特殊窓が設けられており、チャンバー31の外部に設置されたパイロメータ37により、その特殊窓を通してウエーハ38の温度を測定することができ
10 る。

以上のような熱処理装置30によって、ウエーハを急速加熱・急速冷却する処理は次のように行われる。

まず、熱処理装置30に隣接して配置される、不図示のウエーハハンドリング装置によってウエーハ38を挿入口からチャンバー3
15 1内に入れ、トレイ34上に配置した後、オートシャッター33を閉める。

そして、加熱ランプ32に電力を供給し、ウエーハ38を例えば1100～1300℃の所定の温度に昇温する。この際、目的の温度になるまでに要する時間は例えば20秒程度である。次にその温
20 度において所定時間保持することにより、ウエーハ38に高温熱処理を加えることができる。所定時間経過し高温熱処理が終了したなら、ランプの出力を下げウエーハの温度を下げる。この降温も例えば20秒程度で行うことができる。最後に、ウエーハハンドリング装置によってウエーハ38を取り出すことにより、熱処理を完了す
25 る。

以上のように、本発明でいう急速加熱・急速冷却装置（RTA装置）による熱処理とは、図6のような装置を用い、前記温度範囲に設定された熱処理炉中にウエーハを直ちに投入し、上記熱処理時間

の経過後、直ちに取り出す方法や、図 7 のような装置を用い、ウェーハを熱処理炉内の設定位置に配置した後、ランプ加熱器等で直ちに加熱処理する方法などを挙げることができる。この直ちに投入し、取り出すというのは、従来行われている一定時間での昇温、降温

5 操作や熱処理炉内にウェーハを、ゆっくり投入し、取り出すいわゆるローディング、アンローディング操作を行わないということである。ただし、炉内の所定位置まで運ぶには、ある程度の時間を有するのは当然であり、ウェーハを投入するための移動装置の能力に従い、数秒から数分間で行われるというものである。

- 10 このような図 6 又は図 7 に示す熱処理装置を用いて熱処理する場合、本発明の水素またはアルゴンを含む雰囲気下の熱処理の雰囲気としては、例えば水素 100% 雰囲気またはアルゴン 100% 雰囲気、あるいは水素とアルゴンとの混合雰囲気で行うことができる。

- 15 このような熱処理雰囲気とすれば、SOI ウェーハ表面に害となるような被膜を形成することもなく、確実に SOI ウェーハの表面のダメージ層の結晶性を回復し、表面粗さ、特にその短周期成分を改善することができるからである。

次に、本発明で行われる 2 段階の熱処理のうち、水素またはアルゴンを含む雰囲気下でバッチ式炉による熱処理について説明する。

- 20 ここで、バッチ式炉とは、通常、縦型または横型の熱処理炉に複数のウェーハを載置し、水素ガスを導入して比較的緩やかに昇温した後、所定温度で所定時間熱処理を施し、比較的ゆっくりと降温する、いわゆるバッチ式の熱処理炉であり、一度に大量のウェーハの熱処理が可能である。また、温度の制御性に優れており、安定した
- 25 操業が可能である。

バッチ式炉による熱処理条件は、熱処理時間が長くなること以外、基本的には上記 RTA 装置の場合と変わらず、水素 100% 雰囲気またはアルゴン 100% 雰囲気、あるいは水素とアルゴンとの混

合雰囲気の下、 1000°C ～シリコンの融点以下の温度、特に、 $1200\sim1350^{\circ}\text{C}$ の温度範囲とするのがより効果的である。

このように、バッチ式炉を用いて水素またはアルゴンを含む雰囲気下の熱処理を施せば、SOIウエーハの表面粗さの長周期成分（例えば約 $10\mu\text{m}$ 角前後）を改善することができる。特に、前記急速加熱・急速冷却装置を用いた熱処理後に、上記のようなバッチ式炉を用いた熱処理を施すことにより、ボンドウエーハとしてCZウエーハを用いた場合でも、SOIウエーハの短周期から長周期に及ぶ表面粗さの改善を行うことができると共に、COP起因で生じるピットも無いSOIウエーハとすることができる。

また、急速加熱・急速冷却装置のみで長時間処理する方法に比べ、効率的に熱処理することができ、表面特性に優れたSOIウエーハを高いスループットで、かつ低コストで製造することができる。

以上のように本発明により製造されたSOIウエーハは、その表面粗さに関する $1\mu\text{m}$ 角及び $10\mu\text{m}$ 角のRMS値が共に 0.5nm 以下のSOIウエーハとすることができる。

このように表面粗さに関する $1\mu\text{m}$ 角及び $10\mu\text{m}$ 角のRMS値が共に 0.5nm 以下である本発明に係るSOIウエーハは、短周期から長周期に及ぶその表面粗さが、鏡面研磨ウエーハと略同等であり、しかも膜厚均一性にも優れるため、近年の高集積デバイスの作製に好適に使用することができる。

以下、本発明に係る熱処理試験、並びに実施例及び比較例を挙げて具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

25

<RTA装置による熱処理試験>

SOIウエーハの製造：

まず、CZ法により製造した直径が 150mm のシリコン鏡面ウ

エーハのうち、一方をベースウエーハ1、他方をボンドウエーハ2として用い、図1の(a)~(e)に従って、ボンドウエーハ2を剥離して、SOI層を有するウエーハ6を得た。この時、SOI層7の厚さは0.4ミクロンとし、その他イオン注入等の主な条件は

5 次の通りとした。

1) 埋込み酸化膜厚: 400 nm (0.4ミクロン)、

2) 水素注入条件: H⁺イオン、注入エネルギー 100 keV

注入線量 $8 \times 10^{16} / \text{cm}^2$

3) 剥離熱処理条件: N₂ ガス雰囲気下、500℃、30分

10 こうして厚さ約0.4ミクロンのSOI層7を有するウエーハ6を得た。

表面粗さの測定:

まず、図1(e)の剥離したまま、すなわち本発明に係る2段階

15 熱処理を全く施していないSOI層を有するウエーハの表面(剥離面)の表面粗さについて、原子間力顕微鏡法により1ミクロン角及び10ミクロン角でP-V (Peak to Valley) 値及びRMS値での表面粗さの測定を行った。P-V値で、1ミクロン角の場合は平均56.53 nm、10ミクロン角の場合は平均56

20 .63 nmだった。また、RMS (自乗平均平方根粗さ) 値では、1ミクロン角の場合は平均7.21 nm、10ミクロン角の場合は平均5.50 nmであった。

次に、前記図1の(a)~(e)の工程により得られたSOI層を有するウエーハに、水素を含む雰囲気の下、1000℃~122

25 5℃の温度範囲でRTA処理を施した後、原子間力顕微鏡法により1ミクロン角及び10ミクロン角でP-V値及びRMS値での表面粗さを測定した。

以上の測定結果を図2から図5のグラフに示した。

図 2 は、R T A 処理温度及び処理時間と、1 ミクロン角での P - V 値の関係を示したグラフである。このグラフから、1 0 0 0 °C ~ 1 2 2 5 °C の温度範囲で数秒ないし数十秒の R T A 処理を施すことにより、未処理のものに比べ表面粗さの短周期成分 (1 μ m) が大きく改善され、鏡面研磨ウエーハ (P W) に近い P - V 値が得られることが分かる。尚、図 2 において、1 0 0 0、1 1 0 0、1 2 0 0、1 2 2 5 °C の各温度に対応するプロットの形状は、それぞれ四角、三角、ひし形、丸で表してある。

一方、図 3 は、R T A 処理温度及び処理時間と、1 0 ミクロン角での P - V 値の関係を示したグラフである。表面粗さの長周期成分 (1 0 μ m) に関しては、上記短周期成分の場合とは異なり、処理時間が長くなるほど徐々に改善され、鏡面研磨ウエーハ (P W) と同等の P - V 値を得るには、処理温度により差があるが、例えば 1 2 2 5 °C で処理した場合でも数千秒程度の時間を要することが分かる。

また、図 4 及び図 5 は、それぞれ表面粗さの短周期成分 (1 μ m) と長周期成分 (1 0 μ m) について R M S 値での測定結果を示したものであり、R T A 処理温度及び処理時間と、R M S 値の関係を示したグラフである。

図 4 のグラフから、1 2 0 0 °C の R T A 処理では処理時間が長いほど R M S 値が減少し、表面粗さが経時的に改善する傾向を示しているものの、いずれの温度でも数秒ないし数十秒の R T A 処理を施すことにより鏡面研磨ウエーハ (P W) と同程度まで R M S 値が大きく改善されていることが分かる。尚、図 4 のプロット形状と熱処理温度との関係は図 2 と同様である。

一方、表面粗さの長周期成分に関しては、図 5 のグラフから明らかなように、上記短周期成分の場合とは異なり、処理時間が長くなるほど徐々に改善され、鏡面研磨ウエーハ (P W) と同程度の R M

S 値を得るには、処理温度により差があるが、例えば 1 2 2 5 °C で処理した場合でも数千秒程度の時間を要することが分かる。

以上の結果から、R T A 処理を施すことにより、表面粗さの短周期成分（約 1 μ m）については非常に短い時間（数秒ないし数十秒）で大きく改善されて鏡面研磨ウエーハと同程度となるが、長周期成分（約 1 0 μ m）については、処理温度にもよるが、長時間（数千秒以上）に及んで熱処理しなければ鏡面研磨ウエーハと同程度とはならないことが分かる。

10 <実施例 1、2 及び比較例 1>

S O I ウエーハの熱処理：

図 1 の（a）～（e）工程に従って前記 R T A 装置による熱処理試験で使用した S O I ウエーハと同条件で製造された S O I ウエーハに、表 1 に示す熱処理条件の下で R T A 装置による熱処理（水素 1 0 0 % 雰囲気）を施した後、バッチ式炉による熱処理（アルゴン 1 0 0 % 雰囲気）を施し、本発明に係る 2 段階の熱処理を施した S O I ウエーハを得た（実施例 1、2）。一方、R T A 装置による熱処理後、バッチ式炉による熱処理を施さないものも用意した（比較例 1）。

20

表 1

熱処理条件	R T A 装置熱処理	バッチ式炉熱処理
実施例 1	1225°C、10 秒	1200°C、1 時間
実施例 2	1200°C、30 秒	1200°C、1 時間
比較例 1	1225°C、10 秒	なし

表面粗さ測定：

前記実施例 1、2 及び比較例 1 で得た S O I ウエーハの熱処理前及び熱処理後の表面粗さ（R M S 値）を原子間力顕微鏡法により 1 ミクロン角及び 1 0 ミクロン角で測定し、その結果を表 2 に示した

25

表 2

表面粗さ 測定結果	熱処理前 (RMS : nm)		熱処理後 (RMS : nm)	
	1 μ m 角	10 μ m 角	1 μ m 角	10 μ m 角
実施例 1	7.21	5.50	0.18	0.28
実施例 2	7.50	5.80	0.20	0.30
比較例 1	7.45	5.75	0.21	1.60

5 表 2 の結果から明らかなように、熱処理前の RMS 値は、1 μ m 角、10 μ m 角ともウエーハ間での差はほとんど見られない。

一方、熱処理後では、1 μ m 角ではウエーハ間での差はほとんど無いものの、10 μ m 角では実施例 1、2 のウエーハは大きく改善されて、それらの 1 μ m 角の RMS 値に近い値を示しているのに対し、
10 し、バッチ式炉による熱処理を施していない比較例 1 のウエーハは、1 μ m 角では大きく改善されているが、10 μ m 角では実施例 1、2 の RMS 値よりかなり大きく、表面粗さの長周期成分が十分改善されていないことが分かる。

15 < 実施例 3、4 >

ボンドウエーハの作製：

磁場を印可して引き上げる CZ 法を用い、引き上げ条件 (V/G) を制御してグローイン欠陥を低減したシリコン単結晶を引き上げ、このインゴットを通常の方法により加工し、結晶全体の COP
20 を低減した CZ 鏡面ウエーハ (直径 200 mm、結晶方位 < 100 >) を作製した (実施例 3)。このウエーハ表面の COP およびヘイズレベルを表面検査装置 (KLA テンコール社製、SP-1) により測定したところ、直径 0.12 μ m 以上の COP は全く存在せず、その鏡面のヘイズレベルは平均約 0.03 ppm であった。

25 一方、通常の引き上げ条件 (引き上げ速度 1.2 mm/min)

で引き上げたシリコン単結晶インゴットから作製されたCZ鏡面ウエーハ（直径200mm、結晶方位<100>）を、エピタキシャル成長装置に投入し、1125℃で10μm厚のエピタキシャル層を有するエピタキシャルウエーハを作製した（実施例4）。

- 5 エピタキシャル層堆積前のCZウエーハ表面に存在する直径0.12μm以上のCOPは平均約1000個/ウエーハであった。また、エピタキシャル層表面のヘイズレベルは、平均約0.2ppmであった。また、マウンドと呼ばれる突起物が見られるウエーハも存在していた。

10

SOIウエーハの製造：

- 前記実施例3、実施例4の方法によりボンドウエーハとして作製されたウエーハをそれぞれ10枚ずつ用意し、図1の（a）～（e）工程に従い、前記RTA装置による熱処理試験と同一条件で
- 15 SOIウエーハを製造し、剥離後のSOI表面や接合界面を観察することにより、ボイドやブリスターの有無を調査するとともに、その発生原因を評価した。その結果、実施例3のウエーハを用いて製造したSOIウエーハの場合は、ボンドウエーハの表面（接合面）のヘイズや突起物に起因すると考えられるボイドは全く観察されな
- 20 かったのに対し、実施例4のウエーハを用いて製造したSOIウエーハの場合、エピタキシャル層表面のヘイズまたはマウンドに起因すると考えられるボイドやブリスターが存在するウエーハが10枚中3枚あることが確認された。

- 25 SOIウエーハの熱処理：

前記実施例3、実施例4の剥離後のSOIウエーハに対し、SOI層表面を研磨することなく、バッチ式炉を用いてアルゴン97% / 水素3%雰囲気下、1225℃、3時間の熱処理を行なった。

表面粗さ測定：

前記実施例 3、4 で得た S O I ウェーハの熱処理前後の表面粗さを 1 ミクロン角及び 10 ミクロン角で測定し表 3 に示した。

5

表 3

	熱処理前 (RMS : nm)		熱処理後 (RMS : nm)	
	1 μ m 角	10 μ m 角	1 μ m 角	10 μ m 角
実施例 3	7.33	5.60	0.18	0.33
実施例 4	7.42	5.73	0.19	0.35

以上、実施例を示して本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単なる例示であり、
10 本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

例えば、上記実施例では C Z ウェーハ及びエピタキシャルウェーハが用いられているが、本発明で利用できるウェーハはこれに限定
15 されず、F Z ウェーハや水素（アルゴン）アニールウェーハを用いることもできる。

また、上記では 2 枚の半導体ウェーハ（シリコンウェーハ）を結合する場合を中心に説明したが、本発明はこれには限定されず、半導体ウェーハと絶縁基板（例えば、石英、サファイア、アルミナ基板等）とを直接結合して S O I ウェーハを作製する場合にも同様に
20 適用することができる。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも、ベースウエーハとガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウエーハとを接合する工程と、前記
5 微小気泡層を境界としてS O I層を有するウエーハを剥離する工程
とを含む水素イオン剥離法によってS O Iウエーハを製造する方法
において、前記剥離工程後、水素またはアルゴンを含む雰囲気下で、
前記S O I層を有するウエーハに急速加熱・急速冷却装置とパッチ式炉による2段階の熱処理を施すことを特徴とするS O Iウエー
10 ハの製造方法。

2. 前記2段階の熱処理を、急速加熱・急速冷却装置による熱処理
の後に、パッチ式炉による熱処理を施して行うことを特徴とする請
求項1に記載のS O Iウエーハの製造方法。

15

3. 少なくとも、ベースウエーハとガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウエーハとを接合する工程と、前記
微小気泡層を境界としてS O I層を有するウエーハを剥離する工程
とを含む水素イオン剥離法によってS O Iウエーハを製造する方法
20 において、前記ボンドウエーハとして、F Zウエーハまたはエピタ
キシャルウエーハ、あるいは少なくとも表面のC O Pを低減したC
Zウエーハの何れかを使用し、前記剥離工程後、水素またはアルゴンを含む雰囲気下で、前記S O I層を有するウエーハにパッチ式炉
で熱処理を施すことを特徴とするS O Iウエーハの製造方法。

25

4. 少なくとも、ベースウエーハとガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウエーハとを接合する工程と、前記
微小気泡層を境界としてS O I層を有するウエーハを剥離する工程

とを含む水素イオン剥離法によってS O I ウェーハを製造する方法において、前記ボンドウェーハとして、結晶全体のC O Pを低減した単結晶インゴットから作製されたC Z ウェーハを使用することを特徴とするS O I ウェーハの製造方法。

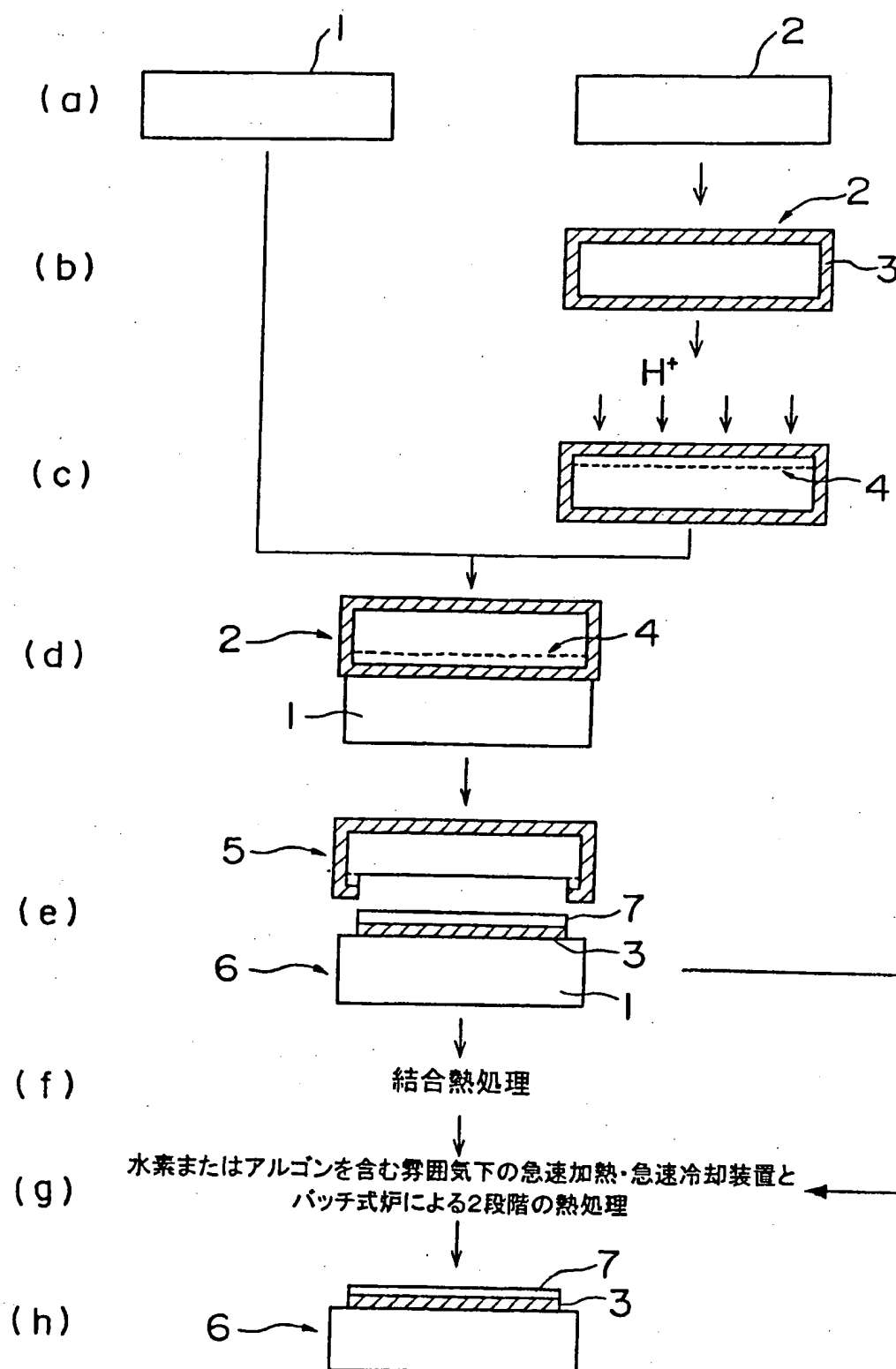
5

5. 前記剥離工程後、水素またはアルゴンを含む雰囲気下で、前記S O I 層を有するウェーハにバッチ式炉で熱処理を施すことを特徴とする請求項4に記載のS O I ウェーハの製造方法。

10 6. 前記請求項1ないし請求項3及び請求項5の何れか1項に記載の方法により製造されたS O I ウェーハであって、該ウェーハの表面粗さに関する $1\mu\text{m}$ 角及び $10\mu\text{m}$ 角のR M S 値が共に 0.5nm 以下であることを特徴とするS O I ウェーハ。

1 / 4

図 1



2 / 4

図 2

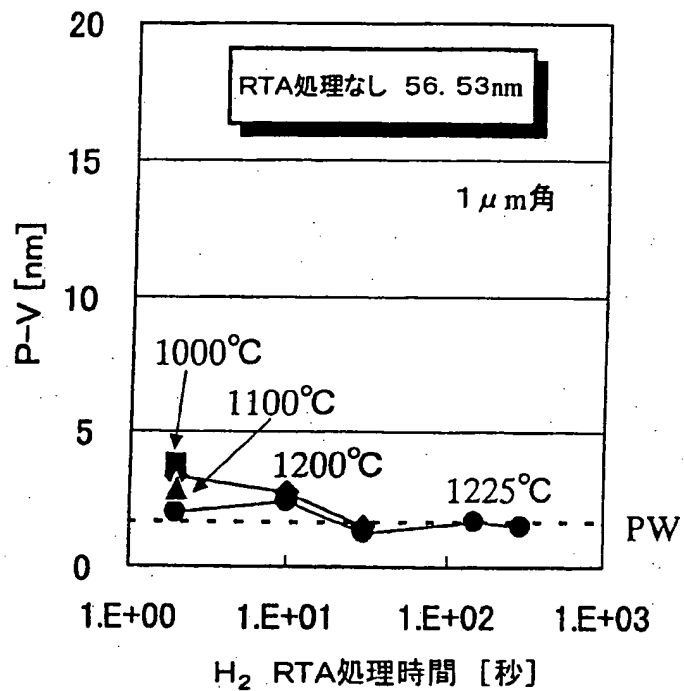
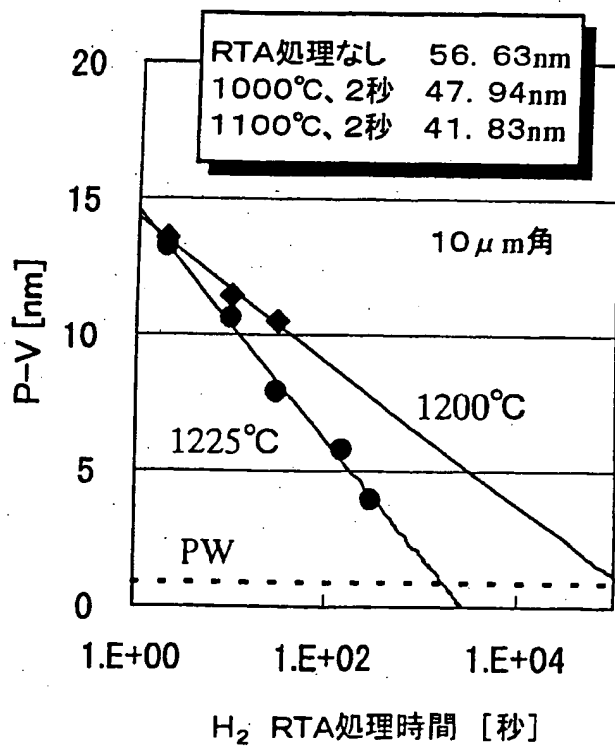


図 3



3 / 4

図 4

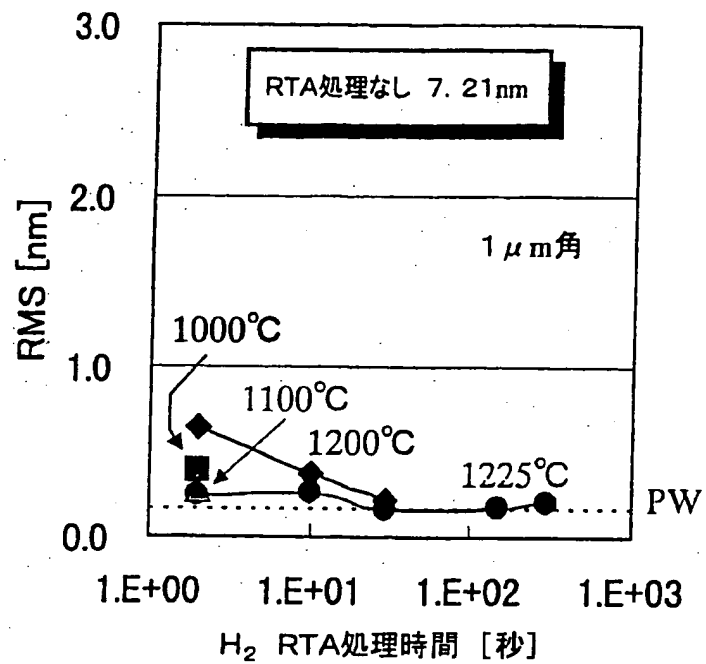
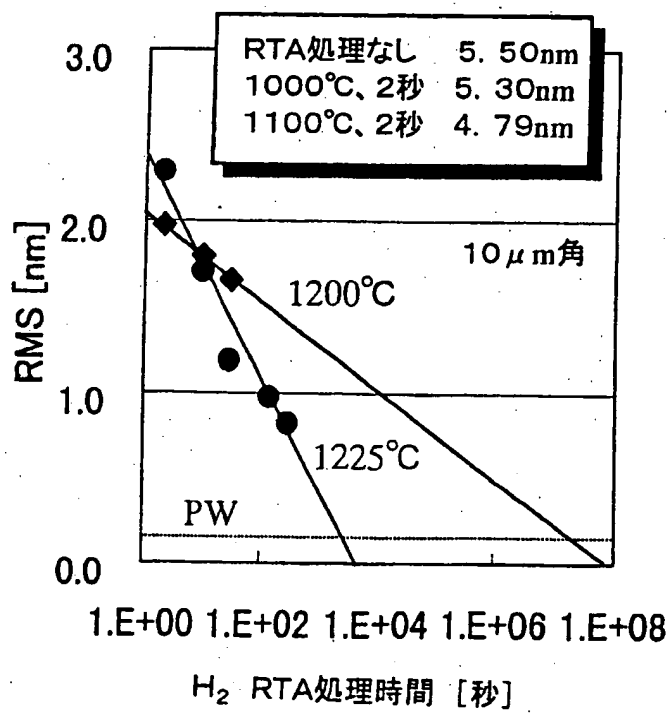


図 5



4 / 4

図 6

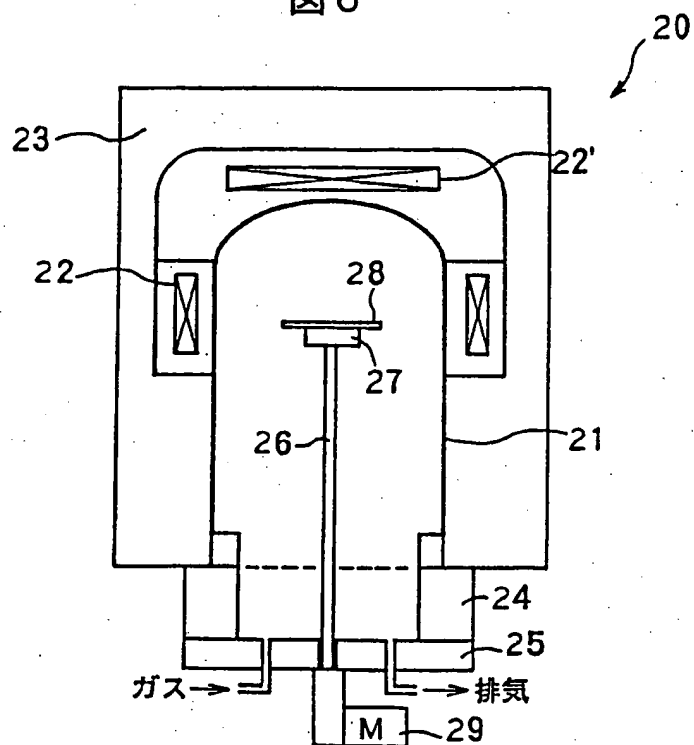
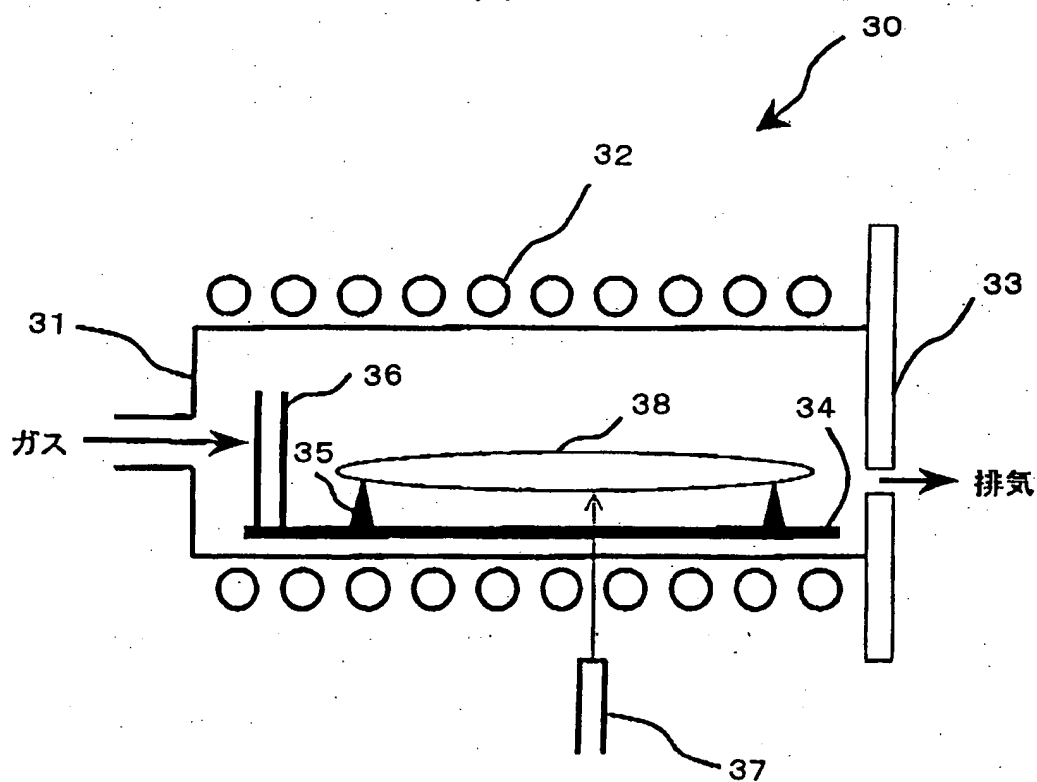


図 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/07111

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H01L27/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/02, H01L21/26-21/268,
H01L21/322-21/326, H01L27/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, 10-275905, A (Mitsubishi Electric Corporation), 13 October, 1998 (13.10.98), Full text; Figs. 1 to 7 Full text; Figs. 1 to 7 & DE, 19753494, A & FR, 2761526, A & KR, 98079501, A	3-6 1,2
Y A	JP, 10-335616, A (Mitsubishi Materials Silicon Corp.), 18 December, 1998 (18.12.98), Full text; Figs. 1 to 7 Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	3-6 1,2
Y A	JP, 11-191617, A (Mitsubishi Materials Silicon Corp.), 13 July, 1999 (13.07.99), Full text; Figs. 1 to 2 Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	3 1,2,4-6
Y	EP, 0917193, A (NEC CORPORATION), 19 May, 1999 (19.05.99), Full text; Figs. 1 to 3	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
09 January, 2001 (09.01.01)Date of mailing of the international search report
16 January, 2001 (16.01.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/07111

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Full text; Figs. 1 to 3 & JP, 11-145436, A, Full text; Figs. 1-3	1, 2, 4-6
Y	EP, 0926718, A (SHIN-ETSU HANDOTAI COMPANY LIMITED), 30 June, 1999 (30.06.99), Full text; Figs. 1 to 6 & JP, 11-186277, A Full text; Figs. 1 to 6	4, 5
Y	US, 57744401, A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 28 April, 1998 (28.04.98), Full text; Figs. 1 to 8	6
A	Full text; Figs. 1 to 8 & JP, 8-264552, A, Full text; Figs. 1 to 2	1-5
A	JP, 7-321120, A (Komatsu Electronic Metals Co., LTD.), 08 December, 1995 (08.12.95), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L27/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/02, H01L21/26-21/268,
H01L21/322-21/326, H01L27/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P, 10-275905, A (三菱電機株式会社) 13. 10月. 1998 (13. 10. 98) 全文, 第1-7図 全文, 第1-7図 & DE, 19753494, A & FR, 2761526, A & KR, 98079501, A	3-6 1, 2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.01.01

国際調査報告の発送日

16.01.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

土屋 知久

印

4 L 9835

電話番号 03-3581-1101 内線 3496

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP, 10-335616, A (三菱マテリアルシリコン株式会社) 18. 12月. 1998 (18. 12. 98) 全文, 第1-7図 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	3-6 1, 2
Y A	JP, 11-191617, A (三菱マテリアルシリコン株式会社) 13. 7月. 1999 (13. 07. 99) 全文, 第1-2図 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	3 1, 2, 4-6
Y A	EP, 0917193, A (NEC CORPORATION) 19. 5月. 1999 (19. 05. 99) 全文, 第1-3図 全文, 第1-3図 & JP11-145436, A 全文, 第1-3図	3 1, 2, 4-6
Y	EP, 0926718, A (SHIN-ETSU HANDOTAI COMPANY LIMITED) 30. 6月. 1999 (30. 06. 99) 全文, 第1-6図 & JP, 11-186277, A 全文, 第1-6図	4, 5
Y A	US, 57744401, A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.) 28. 4月. 1998 (28. 04. 98) 全文, 第1-8図 全文, 第1-8図 & JP, 8-264552, A 全文, 第1-2図	6 1-5
A	JP, 7-321120, A (コマツ電子金属株式会社) 8. 12月. 1995 (08. 12. 95) 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-6